

과 제 구 분	공동연구	과 제 번 호	RS-2023-00236991	
과학기술분류	LB0801	품목표준코드	VC-02-1001	
주 관 과 제 명	생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 성능 고도화			
과 제 책 임 자	성 명	직 급	소속기관 및 부서	
	강 범 선	대표	(주)에이치에스엠	
연 구 기 간	2025 ~ 계속	참여연구기관	한국농수산대학교 등 5기관	
세부과제명		부 서	세부책임자	연구기간
1) 배추정식기 테스트베드 구축 및 경제성 평가		원예연구과	김경원	'23~'25
키 워 드	종이포트, 기계화, 현장실증			

ABSTRACT

This study was conducted to enhance the performance of a Chinese cabbage transplanter exclusively for biodegradable paper pots and to analyze its field applicability and economic efficiency from 2023 to 2025. In the survey of cabbage transplanter distribution in Gangwon-do, it was found that mechanization was hindered by the lack of specialized seedling production. Field tests of the prototype transplanter showed that while initial versions suffered from low planting rates (40.5%) and picking errors, the improved semi-automatic model in 2025 achieved a 95% planting rate and a 75% reduction in labor costs compared to manual planting. Evaluation of biodegradable pots, such as Ellepot, demonstrated that they improved survival rates (up to 90.6%) even in stony soil conditions (>35% gravel content). However, challenges remain regarding the high cost of paper pots and the need for a fully automated one-person operation system. These results suggest that while biodegradable pots and mechanical transplanting offer significant labor reduction, further research is required to optimize economic feasibility and adaptability to extreme weather conditions in highland regions.

1 연구목표

배추재배의 농작업 효율성 향상과 노동력 절감을 위해서는 정식기 확산이 필연적이지만 배추정식기의 보급이 지연되는 이유 중 하나로 균일한 묘의 생산 및 육묘에서 정식까지의 효율적인 관리가 어렵기 때문인데, 이를 해소할 수 있는 전 단계로 생분해성 종이포트의 개발이 완료되었으므로 이를 기반으로 한 정식기 성능 고도화가 매우 필요함. 배추 정식기가 현장에서 활용되지 못하는 주된 이유는 육묘 문제, 재배환경(경사도, 자갈밭), 재배양식(두둑형태, 폭, 식부높이)이며 이중 육묘 문제는 해결방안이 제시됨에 따라 본 연구에서는 생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 성능 고도화를 위해 연구를 수행하고자 하였다.

2 재료 및 방법

<제1세부과제: 배추 정식기 테스트베드 구축 및 경제성 평가>

(시험 1) 배추 정식기 보급현황 및 운영실태 조사

본 연구는 2023년 도내 농기계임대사업소를 대상으로 배추 정식기 보급현황 및 운영실태를 설문조사하였고 그동안 배추 정식기가 현장에 확산되지 못한 이유 등을 조사하였다.

(시험 2) 기존 정식기의 현장적용 후 문제점과 개선사항 도출

본 연구는 2023년 태백 고원농업시험장에서 정식기 2종(자동, 반자동)을 대상으로 여름배추를 정식하고, 그에 따른 문제점 및 개선사항을 도출하였다.

(시험 3) 생분해성 육묘포트 고랭지 배추 주산지 현장실증 및 효과 분석

본 연구는 2023년 태백 고원농업시험장에서 춘광(사카타코리아) 품종을 대상으로 배추 정식기에 도입이 가능한 생분해성 종이포트 2종(국산 종이포트, 일본 종이 체인포트), 162공 트레이로 처리를 나눠 육묘 및 정식 후 묘소질, 활착률, 생육, 생산성 등을 조사하였다.

(시험 4) 생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 시작품 현장적용 후 문제점과 개선사항 도출

본 연구는 2024년 주관기관에서 제작한 생분해성 전용 배추 정식기 시작품을 테스트하기 위해, 태백 고원 농업시험장에서 원통형 종이포트(84구)로 육묘 된 8월 12일 흥천 가을 배추포장에서, 테스트하였다. 이에 대해 성능평가, 문제점 및 개선사항에 대해 조사하였다.

(시험 5) 생분해성 육묘포트 재배환경에 따른 생산량 증가 효과 분석

본 연구는 2024년 태백 고원농업시험장에서 춘광 품종을 대상으로 생분해성 종이포트 3종과 관행으로 육묘된 묘를 각각 석력함량이 다른 3개의 포장에 정식하여, 육묘포트에 따른 정식포장별 적응능력과 생산성에 대해 검정하였다.

(시험 6) 생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 시작품 현장적용 후 문제점과 개선사항 도출

본 연구는 2025년 주관기관에서 제작한 생분해성 전용 배추 정식기 시작품을 2년 차로 테스트하기 위해, 태백 육묘장에서 생분해성 육묘포트(원통형 종이포트)로 육묘 된 묘를 7월25일 태백 농가에 정식하여 테스트 하였다. 1년차와 마찬가지로 성능평가와 문제점 및 개선사항에 대해 조사하였다.

(시험 7) 생분해성 육묘포트 현장실증

본 연구는 2024년 연구결과를 토대로 선발된 생분해성 육묘포트 1종(원통형 종이포트)과 관행(128공 트레이)를 대상으로 육묘하여 2025년 농가 포장에 정식하여 육묘포트에 따른 정식 후 생육을 조사하였다.

3 결과 및 고찰

<제1세부과제: 배추 정식기 테스트베드 구축 및 경제성 평가>

(시험 1) 배추 정식기 보급현황 및 운영실태 조사

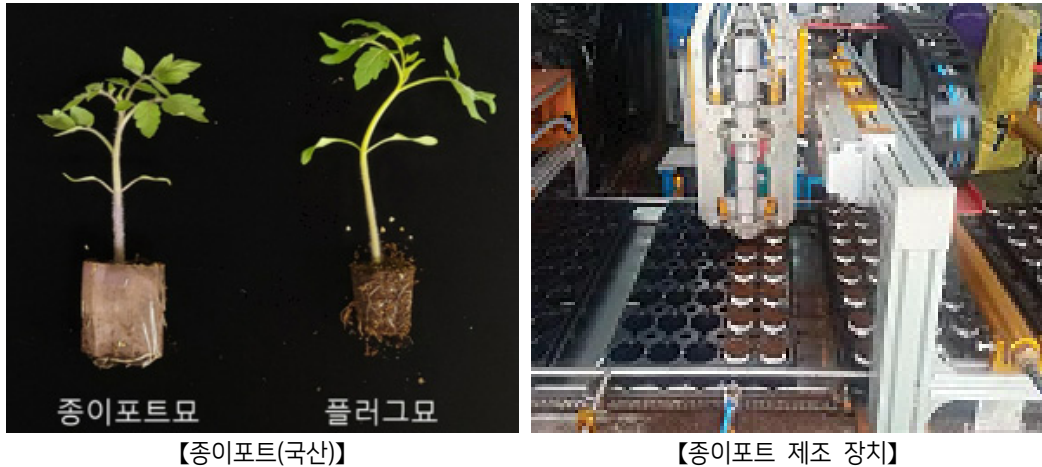
표 1. 강원권역 배추 주산지 정식기계 보급 현황

구 분	보급실적					사용실적 (회)
	보행형		승용형			
	타이어 (자동)	괘도형 (자동)	반자동	자동	반자동	
홍천	8	-
평창	19	16	6	2	.	-
태백	.	.	.	1	2	-
정선	.	.	5	5	.	-
강릉	3	.	5	.	.	-
삼척	-
계			5종 72대			-

강원권역 배추 주산지 정식기계 보급현황을 조사 결과, 6개시군에 보급된 정식기는 5종 72대로 이중 배추 정식을 위해 사용된 기계는 없었음. 정식기가 활용되지 못하는 가장 큰 이유는 육묘가 수반되지 못하기 때문이다. 기계화를 위해서는 기존 딱딱한 경질의 트레이(162공)와 달리 부드러운 연질의 전용 트레이(128공, 200공)가 필요하며, 초장이 5cm 내외로 직립형 초형을 갖춘 묘소질이어야 된다. 기 보급된 정식기의 활용도를 높이기 위해서는 기계화 전용 육묘 매뉴얼 개발과 함께 쉽게 농업인이 육묘할 수 있도록 전문지도가 필요하였다.

(시험 2) 기존 정식기의 현장적용 후 문제점과 개선사항 도출

기존 개발된 정식기에 생분해성 육묘포트 적용이 가능한지 검토하기 위해 국산 종이포트와 일본산 종이 체인포트를 준비하여 주산단지인 태백 고원농업시험장 포장에서 현장실증을 추진하였다. 시험에 사용된 기계발된 배추 정식기 2종은 태백시 농업기술센터 농기계임대사업소에서 임차하였고, 생분해성 육묘포트 전용 수동 정식기는 종이 체인포트와 함께 일본에서 구입하였다.



【종이포트(국산)】

【종이포트 제조 장치】

그림 1. 국산 종이포트와 관행(플러그 트레이) 비교 사진

국내에 유통되는 생분해성 육묘포트는 농촌진흥청에서 개발한 종이포트로 뿌리 부분이 생분해성 종이로 감싸져 있어, 뿌리가 발달하기 전 묘를 옮겨도 뿌리 손상이 거의 없는 장점이 있었으며, 셀룰로오스 재질의 종이는 정식 후 토양 중 미생물에 의해 분해되는데, 채소 육묘 시에는 분해되는데 1~2개월 정도 걸리는 종이가 이용되며, 주로 토마토, 고추 등 과채류에 40공, 50공 전용 트레이가 사용되고 있다.



【종이 체인포트(일본산)】



【종이 체인포트 사용방법】

그림 2. 일본산 종이포트 및 사용방법

	CP303	LP303-10	LP303-15	LP353-30
Planting distance				
	5 cm	10 cm	15 cm	30 cm
	2 inches	4 inches	6 inches	12 inches
Pot diameter	3.0 cm / 1.2 inches			3.5 cm / 1.4 inches
Pot height	3.0 cm / 1.2 inches			
Full length	1,400 cm	2,700 cm	4,000 cm	5,700 cm
	45.9 feet	88.6 feet	131.2 feet	187.0 feet
The number of pots per sheet	264			190
The number of sheets per box	150	75		60

그림 3. 일본산 종이 체인포트 규격 및 사용방법

일본 종이 체인포트는 포트와 포트 사이를 종이체인으로 연결하여 정식작업 시 연속적으로 풀려나가는 방식으로, 묘 사이를 연결하고 있는 종이체인의 간격을 달리하여 재식간격을 조정할 수 있는 장점이 있으나 생분해성 육묘포트에 적합한 정식기는 현재 개발되어 있지 않다.

표 2. 투입 정식기 문제점 및 개선사항

투입 정식기	생분해성 포트	문제점	개선사항
자동 (에이치에스엠)	종이포트 (국산)	트레이 규격이 맞지않아 취출불가	엘르포트 규격에 맞는 전용 트레이 개선 필요
	종이 체인포트 (일본산)	트레이 규격이 맞지않아 취출불가	체인포트 취출 및 정식을 위한 정식기 개선 필요
반자동 (에이치에스엠)	종이포트 (국산)	적용가능	복토불량으로 답압롤러 개선 필요
	종이 체인포트 (일본산)	묘 사이 종이로 연결되어 있어 적용곤란	-
수동 (NBSM)	종이포트 (국산)	적용불가	-
	종이 체인포트 (일본산)	적용가능하나 간격이 15cm로 밀식임 식재 시 복토가 불량하며, 체인이 끊어져 작업곤란	체인길이 40cm로 제작 필요 작업속도 향상을 위해 자주식 정식기 개발 필요

현재 국내에 유통되는 생분해성 육묘포트인 종이포트(농촌진흥청 개발)와 일본에서 개발된 종이 체인포트에 약 22일간 배추를 육묘하여 기존 정식기 2종과 수동형 생분해성 정식기 1종으로 성능 테스트를 진행한 결과, 에이치에스엠 자동 정식기는 128공과 200공 연결포트로만 호환이 가능하기 때문에 국산 종이포트와 일본 종이 체인포트 모두 규격이 맞지 않아 적용이 불가하였다. 에이치에스엠 반자동 정식기는 작업자가

손으로 묘를 투입하기 때문에 개별적으로 분리가 가능한 국산 종이포트에 적용이 가능하였지만, 묘사이가 종이로 연결되어 있는 일본 체인포트는 적용이 불가하였다. 체인포트 개발업체의 수동 정식기는 국산 종이포트와는 적용이 불가능한 구조이며, 일본 체인포트는 적용 가능하나 묘사이 간격이 5, 10, 15cm로 제한되어 배추에 적용이 곤란한 것(밀식으로 생육불량)으로 판단되었다. 또한 일본에서 개발된 수동 정식기로 작동 시 복토가 불량하며, 종이 체인이 자주 끊어져 작업이 번거로운 문제점이 발생하며, 복토가 불량하여 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이에 종이 체인길이가 38~40cm 정도의 배추 전용 체인포트 제작이 필요하며, 작업속도 향상 및 효율성 향상을 위한 자주식 정식기 개발이 필요함

국산 종이포트를 활용할 경우, 에이치에스엠 반자동 정식기가 적용 가능하며, 개선사항으로는 정식 후 복토가 불량하기 때문에 답압롤러를 개선이 필요함

투입 정식기



【자동(에이치에스엠)】



【반자동(에이치에스엠)】



【수동(일본)】



【종이 체인포트(일본) 복토불량】



【종이포트(국산) 복토불량】

그림 4. 생분해성 육묘포트 기계정식을 위한 기존 정식기 현장실증 사진

(시험 3) 생분해성 육묘포트 고랭지 배추 주산지 현장실증 및 효과분석

표 3. 생분해성 육묘포트별 묘소질 비교

생분해성 포트 종류	초장 (cm)	엽장 (mm)	엽폭 (mm)	엽수 (장)	하엽개장 각도 (°)	뿌리돌림 지수*	지상부		지하부	
							생체중(g)	건물중(g)	생체중(g)	건물중(g)
국산 종이포트 (50공)	4.8	53.1	26.7	3.8	51.3	7.0	6.23	2.17	0.17	0.12
일본 종이 체인포트 (264공)	9.4	100.7	34.9	4.7	63.3	7.0	20.41	3.10	0.23	0.07
관행 플러그 트레이 (162공)	8.1	87.3	31.1	4.7	65.3	7.0	14.96	2.70	0.51	0.20

* 뿌리돌림 지수: 1(30%미만), 3(30~50%), 5(50~70%), 7(70~100%)

생분해성 육묘포트 고랭지 배추 주산지 현장실증 및 효과분석을 위해 태백 고원농업시험장 내 온실에서 3가지 육묘포트에 7월 14일 춘광품종을 파종하여 육묘하였음

육묘 22일차인 8월 4일 정식 전 묘소질을 비교한 결과, 국산 종이포트(50공)의 초장이 4.8cm로 가장 작았고, 엽장, 엽폭, 엽수, 생체중이 낮게 나타났음. 이러한 이유는 포트 크기가 크고 육묘간격이 넓어 개체간 경합이 없었기 때문으로 판단됨

반면, 종이 체인포트는 264공으로 밀식되어 지상부가 도장하여 초장이 9.4cm로 가장 크고, 엽장, 엽폭이 상대적으로 가장 컸음

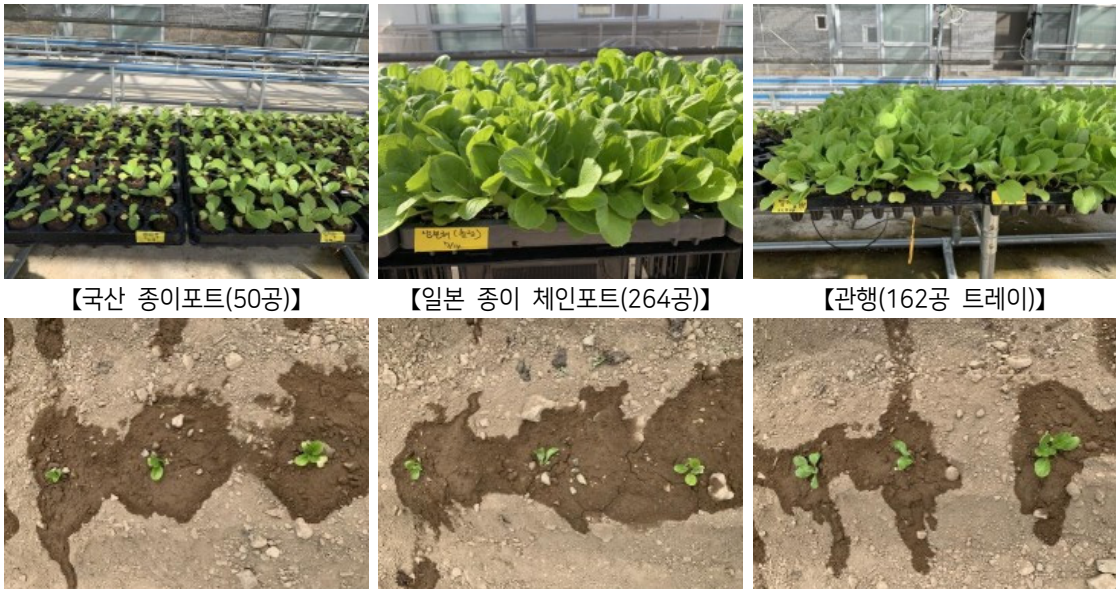


그림 5. 생분해성 육묘포트별 배추육묘 및 정식 직후 사진 비교

표 4. 생분해성 육묘포트별 배추 생존율 및 고사율 비교

처리	생존율 (%)	고사율 (%)	이병율 (%)
국산 종이포트 (50공)	73.5	26.5	28.9
일본 종이 체인포트 (264공)	76.5	23.5	19.8
관행 플러그트레이 (162공)	86.4	13.6	8.8

8월 4일 태백 고원농업시험장 포장에 3종의 육묘포트를 각각 손으로 정식하여 약 80일 뒤인 10월 25일 배추의 생존율 및 고사율을 조사하였음

생존율은 관행 플러그 트레이에서 86.4%로 가장 높았고, 생분해성 육묘포트 2종 모두 다소 낮게 나타났으며, 고사율과 이병율은 국산 종이포트가 각각 26.5%, 28.9%로 가장 높게 나타났음



【국산 종이포트(50공)】



【일본 종이 체인포트(264공)】



【관행(162공 트레이)】



그림 6. 생분해성 육묘포트별 배추 실증포 전경 비교

표 5. 생분해성 육묘포트별 배추 수량 비교

처리	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	엽수 (장)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (mm)
국산 종이포트 (50공)	454.9	25.1	12.0	34.5	12.9	18.0	19.6
일본 종이 체인포트 (264공)	463.9	26.3	15.6	33.4	13.4	18.9	19.4
관행 트레이 (162공)	504.2	27.0	13.6	33.6	13.8	19.4	20.3

육묘포트별 배추 수량을 비교한 결과, 관행 플러그 트레이에서 구중이 504.2g으로 가장 무거웠으며, 다른 특성 간 차이는 나타나지 않았음

수확 시 배추 뿌리를 조사한 결과, 생분해성 육묘포트 2종 모두 종이포트가 완전히 분해되지 못한 상태로 나타났으며, 특히 일본 종이 체인포트는 거의 분해되지 못하고, 뿌리가 종이를 뚫지 못하고 아래로만 성장한 것을 관찰할 수 있었음

반면, 국산 종이포트는 분해가 거의 이루어져 뿌리 일부가 종이를 뚫고 나와 있었음

금년도 여름철 고온 등 기상불량으로 배추 생육이 저조하여 차년도 재시험 필요하며, 여름작형과 가을작형에서 종이포트 분해 양상 및 재배효과를 면밀히 검토할 필요가 있을 것으로 판단됨



【국산 종이포트(50공)】



【일본 종이 체인포트(264공)】



【관행(162공 트레이)】



그림 7. 생분해성 육묘포트별 배추수확 모습 비교



그림 8. 생분해성 육묘포트별 수확한 배추 및 뿌리 비교 사진

(시험 4) 생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 시제품 현장적용 후 문제점과 개선사항 도출

생분해성 육묘포트 전용 배추정식기 현장실증을 위해 홍천군 화촌면 농가포장을 임차하여 7월부터 11월까지 주관기관에서 제작한 시제품을 사용하여 현장실증 추진함

생분해성
육묘포트
전용
정식기
시제품
(HSM)



그림 9. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 시제품 사진

현장실증에 필요한 배추 육묘는 태백 고원농업시험장에서 생분해성 육묘포트인 엘르포트(84구)에 7월 15일 파종하여 8월 12일까지 약 28일간 육묘함

표 6. 생분해성 육묘포트 배추 묘소질

포트 종류	초장 (cm)	엽장 (mm)	엽폭 (mm)	엽수 (장)	하엽개장 각도 (°)	뿌리돌림 지수*	지상부		지하부	
							생체중 (g)	건물중 (g)	생체중 (g)	건물중 (g)
엘르포트 (84구)	4.2	4.8	2.6	5.1	39.7	2.5	0.44	0.10	0.07	0.03

* 뿌리돌림 지수: 1(30%미만), 3(30~50%), 5(50~70%), 7(70~100%)

현장실증에 사용된 생분해성 육묘포트의 묘소질을 조사한 결과, 초장 4.2cm, 엽폭 4.8cm, 엽수는 5장 내외로 나타났고, 뿌리지수가 2.5로 다소 낮은 것으로 조사되었음



【육묘 초기(파종 5일차)】



【육묘 후기(파종 28일차)】



그림 10. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증용 육묘전경(태백)

표 7. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증 성능 테스트 결과

투입농기계	작업면적	정식 소요시간	정식률 (%)	결주율 (%)	묘이탈률 (%)	취출 불량률 (%)
시제품 (HSM, 자동)	63m ² (70cm×15m×60이랑)	24분	40.5	59.5	6.3	53.2

생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증 성능 테스트 결과, 63m² 정식 소요시간은 약 24분이 소요되었으며, 정식률은 40.5%로 59.5%의 결주가 발생하였고, 묘이탈률 6.3%, 취출불량률 53.2% 정도로 나타나 정식이 정상적으로 이루어지지 못하였음



【생분해성 육묘 공급】



【투입(자동)】



【투입구로 배출 불량】



【정식양호】



【묘이탈】



【취출불량】

그림 11. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증 사진(홍천)

표 8. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 특징 및 문제점(개선사항)

시제품 특징	문제점	개선 방향
<ul style="list-style-type: none"> - 생분해성 육묘포트인 엘르포트 전용 자동 정식기로 한번에 200개의 육묘포트를 적재할 수 있고, 육묘포트가 중력에 의해 경사면을 타고 내려오면 자동으로 투입구에 공급되는 시스템 - 투입 이후 묘가 밭에 정식되는 시스템은 기존 HSM사의 반자동 정식기와 동일 	<ul style="list-style-type: none"> - 수동으로 묘를 한 개씩 트레이에 적재하는 방식으로 시간이 많이 소요됨 - 육묘포트의 수분이 많아 젖어 있을 때에는 마찰력이 증가하여 경사면을 잘 내려오지 못함 - 육묘포트를 투입구에 자동으로 배출하는데 문제 발생 - 진압롤러가 얇아 비닐을 찢는 문제 발생 	<ul style="list-style-type: none"> - 한번에 다량의 묘를 적재할 수 있는 방식으로 개선 필요 - 정식 전 육묘포트의 수분함량을 낮추거나 경사면을 잘 내려올수록 개선 필요 - 투입구에 한 개씩 정확하게 배출될 수 있도록 개선 필요 - 진압롤러를 넓게 개선

생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증을 추진한 결과, 수동으로 묘를 한 개씩 트레이에 적재하는 방식으로 시간이 많이 소요되며, 육묘포트의 수분이 많아 젖어 있을 때에는 마찰력이 증가하여 경사면을 잘 내려오지 못하는 문제점이 발생함

또한 육묘포트를 투입구에 자동으로 배출하는데 타이밍이 맞지 않아 중간에 걸리는 등의 문제가 발생하였고, 진압롤러가 얇아 비닐을 찢는 문제가 발생함

이에 따라 한번에 다량의 묘를 적재할 수 있는 방식으로 개선이 필요하며, 정식 전 육묘포트의 수분함량을 낮추거나 경사면을 잘 내려올수록 개선이 필요함

또한 투입구에 육묘포트가 한 개씩 정확하게 배출될 수 있도록 개선이 필요하며, 진압롤러를 넓게 개선하여 멀칭비닐 손상을 방지하여야 함

이에 차년도에 이와 같은 개선사항을 반영한 정식기의 제작과 현장실증이 필요할 것으로 판단됨

(시험 5) 생분해성 육묘포트 재배환경에 따른 생산량 증가 효과 분석

생분해성 육묘포트 고랭지 배추 주산지 현장실증 및 효과분석을 위해 태백 고원농업시험장 내 온실에서 4가지 육묘포트에 6월 18일 춘광품종을 파종하여 육묘하였음

육묘 28일차인 7월 15일 정식 전 묘소질을 비교한 결과, 뿌리 돌림지수는 지피포트(72구)가 가장 높았고, 종이 체인포트(264구)가 가장 낮게 나타났음

표 9. 생분해성 육묘포트별 배추 묘소질 비교

생분해성 포트 종류	초장 (cm)	엽장 (mm)	엽폭 (mm)	엽수 (장)	하엽개장 각도 (°)	뿌리돌림 지수*	지상부		지하부	
							생체중 (g)	건물중 (g)	생체중 (g)	건물중 (g)
엘르포트 (84구)	4.2	4.8	2.6	5.1	39.7	2.5	0.44	0.10	0.07	0.03
종이 체인포트 (264구)	6.0	6.4	2.4	4.9	43.7	1.6	0.26	0.09	0.02	0.01
지피포트 (72구)	5.3	5.7	2.8	5.7	39.3	3.4	0.44	0.12	0.20	0.06
관행 플러그 트레이 (128구)	5.5	5.9	2.6	4.7	46.7	2.7	0.33	0.12	0.03	0.02

* 뿌리돌림 지수: 1(30%미만), 3(30~50%), 5(50~70%), 7(70~100%)



【엘르포트(84구)】



【종이 체인포트(264구)】



【지피포트(72구)】



【관행 플러그 트레이(128구)】



그림 12. 생분해성 육묘포트별 사진 비교



【엘르포트(84구)】



【종이 체인포트(264구)】



【지피포트(72구)】



【관행 플러그트레이(128구)】

그림 13. 생분해성 육묘포트별 배추 묘소질 사진 비교

육묘포트별로 석력함량을 10% 미만, 10~35%, 35% 이상으로 처리한 시험포장(태백 고원농업시험장)에 7월 15일 각각 정식하였음



【시험포 전경】

【석력 10% 미만】

【석력 10~35%】

【석력 35% 이상】

그림 14. 석력함량별 생분해성 육묘포트 정식 후 시험포 사진

표 10. 석력함량별 생분해성 육묘포트 배추 생존률 및 고사율 비교(9.24.)

석력함량	생분해성 포트 종류	생존률 (%)	고사율 (%)	이병율 (%)
10% 미만	엘르포트(84구)	90.6	9.4	21.9
	종이 체인포트(264구)	81.3	18.8	25.0
	지피포트(72구)	68.8	31.3	12.5
	관행 플러그 트레이(128구)	90.6	9.4	21.9
10~35%	엘르포트(84구)	81.3	18.8	21.9
	종이 체인포트(264구)	62.5	37.5	21.9
	지피포트(72구)	40.6	59.4	15.6
	관행 플러그 트레이(128구)	78.1	21.9	25.0
35% 이상	엘르포트(84구)	90.6	9.4	25.0
	종이 체인포트(264구)	61.3	38.7	25.8
	지피포트(72구)	43.8	56.3	21.9
	관행 플러그 트레이(128구)	80.0	20.0	13.3

3종의 육묘포트를 석력함량별 정식하여 약 70일 뒤인 9월 24일 배추의 생존률, 고사율, 이병율을 조사하였음
 생존률은 엘르포트가 모든 석력함량 처리구에서 90% 이상으로 가장 높았고, 지피포트가 가장 낮게 나타났으며,
 고사율은 지피포트에서 가장 높게 나타났음

석력함량에 따른 생존율은 석력함량 10% 미만 처리구에서 높은 경향이 나타났고, 엘르포트의 경우 석력함량 35% 이상에서도 90.6%의 높은 생존율을 보여 활착률 향상에 도움을 주는 것으로 판단되었음



【시험포 전경】

【석력 10% 미만】

【석력 10~35%】

【석력 35% 이상】

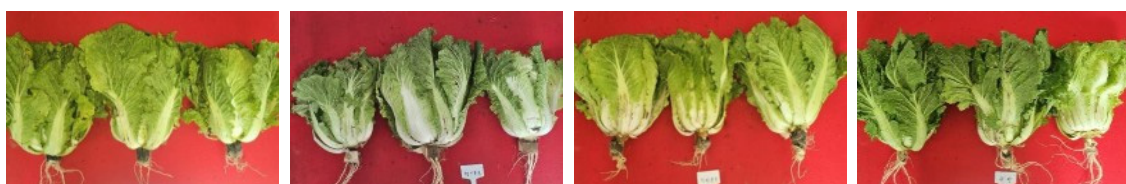
그림 15. 석력함량별 생분해성 육묘포트 시험포 생육초기 사진

표 11. 석력함량별 생분해성 육묘포트 배추 수량특성 비교

석력함량	생분해성 포트 종류	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	엽수 (장)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (mm)
10% 미만	엘르포트(84구)	1,019.9	25.7	15.7	69.1	22.7	24.5	32.2
	종이 체인포트(264구)	815.7	23.8	13.4	60.5	24.4	22.0	35.7
	지피포트(72구)	733.1	24.1	13.9	59.7	24.7	27.1	35.1
	관행 플러그 트레이(128구)	678.7	24.0	13.4	56.2	20.7	21.6	32.0
10~35%	엘르포트(84구)	716.6	24.1	13.2	57.8	21.1	23.7	32.5
	종이 체인포트(264구)	559.3	21.9	11.3	48.7	20.0	19.7	32.5
	지피포트(72구)	588.4	23.3	12.4	53.1	22.2	26.6	34.7
	관행 플러그 트레이(128구)	844.9	25.1	13.6	57.3	17.7	23.6	30.9
35% 이상	엘르포트(84구)	687.2	23.4	13.1	57.1	15.9	24.7	26.2
	종이 체인포트(264구)	619.1	23.9	12.0	49.7	13.8	19.9	28.3
	지피포트(72구)	380.4	20.4	15.2	45.2	15.8	25.1	28.7
	관행 플러그 트레이(128구)	742.3	24.1	13.0	58.5	18.9	22.7	30.6

석력함량별 육묘포트별 배추 수량특성을 비교한 결과, 10% 미만 석력함량 처리구에서는 엘르포트 (1,019.9g) > 종이 체인포트(815.7g) > 지피포트(733.1g) > 관행(678.7g) 순으로 나타나 생분해성 포트의 수량증대 효과가 있는 것으로 나타났으며, 엽수, 근중, 근장 등이 관행보다 증가하는 것으로 나타났음

반면에 석력함량 10~35%와 35% 이상 처리구에서는 생분해성 포트의 수량 증대효과가 나타나지 않았으며, 종이체인포트와 지피포트에서는 관행보다 수량이 감소하는 것으로 나타났음



【엘르포트(84구)】

【종이 체인포트(264구)】

【지피포트(72구)】

【관행 플러그 트레이(128구)】

그림 16. 석력함량별 생분해성 육묘포트 수확 사진

수확 시 배추 뿌리를 조사한 결과, 생분해성 육묘포트 중 종이 체인포트가 완전히 분해되지 못한 상태로 나타났으며, 엘르포트와 지피포트는 완전히 분해가 된 것으로 나타났음

생분해성 육묘포트 중 수량증대 효과가 검증된 엘르포트를 대상으로 차년도 현장실증을 통하여 재배효과를 면밀히 검토할 필요가 있을 것으로 판단됨



그림 17. 석력함량별 생분해성 육묘포트 배추 수확 시 뿌리 모습 비교

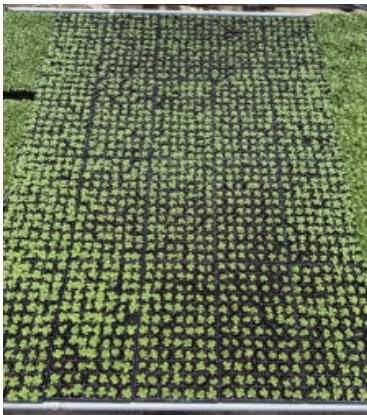
(시험 6) 생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 시작품 현장적용 후 문제점과 개선사항

태백에 소재하고 있는 육묘장에서 생분해성 육묘포트인 원통형 종이포트를 이용하여 배추를 육묘하였고, 그 묘를 이용하여 정식기 테스트를 진행

표 12. 묘소질 조사

생분해성 포트	초장 (cm)	엽장 (mm)	엽폭 (mm)	엽수 (장)	하엽개장 각도 (°)	뿌리돌림 지수*	지상부		지하부	
							생체중 (g)	건물중 (g)	생체중 (g)	건물중 (g)
원통형 종이포트 (84구)	4.3	6.8	3.1	8.6	43.0	4.5	17.6	2.6	2.1	0.4

* 뿌리돌림 지수: 1(30%미만), 3(30~50%), 5(50~70%), 7(70~100%)



【육묘 전경(태백)】



【원통형 종이포트(84구)】



그림 18. 원통형 종이포트 이용 배추 육묘

표 13. 생분해성 육묘포트 전용 정식기

투입농기계	작업면적 (m ²)	정식 소요시간	정식률 (%)	결주 및 묘 이탈률 (%)
시제품 (HSM, 반자동)	1,000	1.3시간/2인	95	5

생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증 성능 테스트 결과, 1,000m² 정식 소요시간은 2인기준, 약 1.3시간이 소요되었으며, 정식률은 95%로, 결주 및 묘 이탈률 5% 정도로 나타나 작년보다는 개선된 모습이었음

표 14. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 경제성 비교

구 분	인력 정식	기계 정식	비고
정식률(%)	99	95	
결주율(%)	1	5	보식작업 필요
정식 시간(hr)	6.5	1.3	2인 기준
보식 시간(hr)	0	0.65	
총 투입 노동시간(hr)	13	3.25	'25. 시급 10,030원
총 인건비(원)	130,390	32,598	인력대비 인건비 약 75% 절감



【성능개선 정식기(1조 반자동)】



【육묘 트레이 거치】



【육묘 배출】



【정식 양호】



【정식 불량】



【묘 이탈】

그림 19. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증 사진(태백)

표 15. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 특징 및 문제점(개선사항)

시제품 특징	문제점	개선 방향
<ul style="list-style-type: none"> - 기존 1조 반자동정식기의 육묘투입회전 컵을 2단으로 설치하여 작업자의 묘 투입에 여유를 갖고 작업하도록 제작 - 투입 이후 묘가 밭에 정식되는 시스템은 기존 HSM사의 반자동 정식기와 동일 	<ul style="list-style-type: none"> - 작년의 경사면을 타고 내려오던 방법에 비해선 묘가 적절하게 정식컵에 투입되지만, 1인 작업시 운전과 묘 취출을 손으로 동시에 해야 되서 작업능률이 낮고, 주행에 어려워 반드시 2인작업 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> - 1인 작업을 최종 목표로 육묘를 한번에 1개씩 투입할 수 있는 장치를 설치하여 자동으로 투입되도록 개선 필요



【기계 및 사업 설명】



【기념촬영】

그림 20. 생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 현장실증 추진(태백, 7.14.)

(시험 7) 생분해성 육묘포트 현장실증

표 16. 생분해성 육묘포트별 묘소질 비교

포트 종류	초장 (cm)	엽장 (mm)	엽폭 (mm)	엽수 (개)	하엽개장 각도 (°)	뿌리돌림 지수*	지상부		지하부	
							생체중(g)	건물중(g)	생체중(g)	건물중(g)
생분해성 육묘포트 (84구)	4.3	6.8	3.1	8.6	43.0	4.5	17.6	2.6	2.1	0.4
관행 (128구 트레이)	5.1	5.6	3.0	10.5	39.0	4.3	16.5	4.1	1.2	0.4

* 뿌리돌림 지수: 1(30%미만), 3(30~50%), 5(50~70%), 7(70~100%)

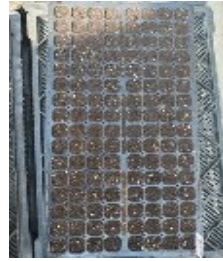
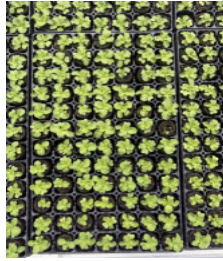
생분해성 육묘포트 고랭지 배추 주산지 현장실증 및 효과분석을 위해 태백 육묘장 내 온실에서 엘르포트와 플러그트레이 128구 육묘포트에 6월 16일 썬머탑 품종을 파종하여 육묘하였음

육묘 28일차인 7월 15일 정식 전 묘소질을 비교한 결과, 엽수는 관행(128구 트레이)이 1.9개 더 많았고, 뿌리돌림지수는 엘르포트(84구)가 높았음

동일하게 조성한 포장에 7월 24일 각각 정식하였고, 정식 7일 후인 7월31일 조사 결과, 활착률에는 처리간 차이를 보이지 않음



【원통형 종이포트(84구)】



【관행(128구 트레이)】



그림 21. 생분해성 육묘포트 및 관행 육묘상황 비교



【원통형 종이포트(84구)】



【관행(128구 트레이)】



그림 22. 생분해성 육묘포트 및 관행 육묘 묘소질 비교



【원통형 종이포트(84구)】



【관행(128구 트레이)】

그림 23. 생분해성 육묘포트 및 관행 정식포 전경

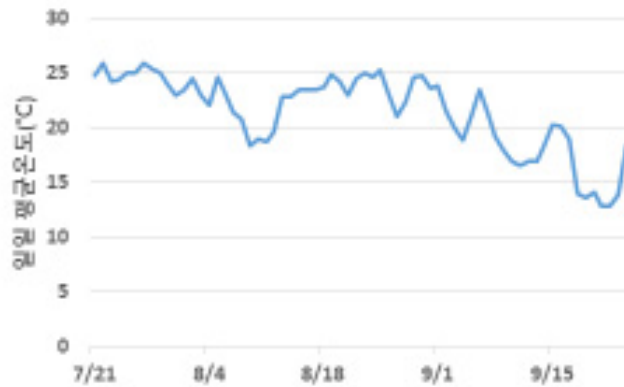


그림 24. 배추 재배포 환경조사

표 17. 육묘 포트별 수확 조사

(조사일: 9월 3일)

육묘포트	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개)	근권부 생체중 (g)
생분해성 육묘포트 (84구)	1492.0	36.3	42.5	36.8	22.7	62.8	30.6
관행 (128구 트레이)	1643.4	36.4	42.0	38.1	22.4	58.2	28.2

육묘포트 및 관행 육묘의 배추 중간조사를 했을 때, 관행 처리구의 구중이 10% 더 무거웠음. 한편, 근권부의 생체중은 생분해성 육묘포트가 8.5% 더 무거웠음



【생분해성 육묘포트】



【128공 육묘포트】

그림 25. 육묘 포트별 배추 중간 생육(9월3일)

표 18. 육묘 포트별 수확조사

(조사일: 9월 3일)

육묘포트	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개)	뿌리무게 (g)	뿌리길이 (cm)
생분해성 육묘포트 (84구)	2887.5	40.8	43.9	39.3	23.1	99.2	43.3	19.9
관행 (128구 트레이)	2896.8	39.4	44.8	40.5	23.7	98.4	36.6	19.4

생분해성 육묘포트는 개당 70원 정도가 소요되고, 포트의 크기 때문에 84구 포트를 사용해야 함, 이로 인해 단위면적당 생산량은 관행 128공 트레이에 비해 적고, 추가적인 비용이 투입되는 단점을 가지고 있음.

하지만 본포에 정식했을 때, 초반 활착률 증가나 배추 수확물 크기 향상 등의 장점으로 단점을 상쇄시킬것으로 예상하였으나, 큰 차이가 없어 관행 128공 트레이에 비해 큰 장점을 갖지 못함.

한편, 시험지역은 강원 고령지의 석력 함량이 높은 노지 포장이었음, 최근 예상치 못하는 기후로 인해 예년과는 다른 여름철 이상고온 또는 집중호우 등의 요인으로 인해, 단년도의 연구결과로 결론을 짓기는 어려울 것으로 판단되었고 이로 인해 추가적인 재배 연구가 필요할 것으로 판단되었음.



【생분해성 육묘포트】



【128공 육묘포트】

그림 26. 육묘 포트별 배추 수확(9월23일)

4 적 요

<제1세부과제: 배추 정식기 테스트베드 구축 및 경제성 분석>

(시험 1) 배추 정식기 보급현황 및 운영실태 조사

- 가. 강원권역 배추 주산지 정식기계 보급현황을 조사 결과, 6개시군에 보급된 2대로 이중 배추 정식을 위해 사용된 기계는 없었음. 정식기가 활용되지 못하는 가장 큰 이유는 육묘가 수반되지 못하기 때문임
- 나. 기계화를 위해서는 기존 딱딱한 경질의 트레이(162공)와 달리 부드러운 연질의 전용 트레이(128공, 200공)가 필요하며, 초장이 5cm 내외로 직립형 초형을 갖춘 묘소질이어야 함. 기 보급된 정식기의 활용도를 높이기 위해서는 기계화 전용 육묘 매뉴얼 개발과 함께 쉽게 농업인이 육묘할 수 있도록 전문지도가 필요함

(시험 2) 기존 정식기의 현장적용 후 문제점과 개선사항 도출

- 가. 현재 국내에 유통되는 생분해성 육묘포트인 종이포트(농촌진흥청 개발)와 일본에서 개발된 종이 체인포트에 약 22일간 배추를 육묘하여 기존 정식기 2종과 수동형 생분해성 정식기 1종으로 성능 테스트를 진행함
- 나. 에이치에스엠 자동 정식기는 128공과 200공 연질포트로만 호환이 가능하기 때문에 국산 종이포트와 일본 종이 체인포트 모두 규격이 맞지 않아 적용이 불가하였음. 에이치에스엠 반자동 정식기는 작업자가 손으로 묘를 투입하기 때문에 개별적으로 분리가 가능한 국산 종이포트에 적용이 가능하였지만, 묘사이가 종이로 연결되어 있는 일본 체인포트는 적용이 불가하였음
- 다. 체인포트 개발업체의 수동 정식기는 국산 종이포트와는 적용이 불가능한 구조이며, 일본 체인포트는 적용 가능하나 묘사이 간격이 5, 10, 15cm로 제한되어 배추에 적용이 곤란함(밀식으로 생육불량). 또한 일본에서 개발된 수동 정식기로 작동 시 복토가 불량하며, 종이 체인이 자주 끊어져 작업이 번거로운 문제점이 발생하며, 복토가 불량하여 개선이 필요함
- 라. 이에 종이 체인길이가 38~40cm 정도의 배추 전용 체인포트 제작이 필요하며, 작업속도 향상 및 효율성 향상을 위한 자주시 정식기 개발이 필요함. 국산 종이포트를 활용할 경우, 에이치에스엠 반자동 정식기가 적용 가능하며, 개선사항으로는 정식 후 복토가 불량하기 때문에 답압롤러를 개선이 필요함

(시험 3) 생분해성 육묘포트 고랭지 배추 주산지 현장실증 및 효과분석

- 가. 생분해성 육묘포트 고랭지 배추 주산지 현장실증 및 효과분석을 위해 태백 고원농업시험장 내 온실에서 3가지 육묘포트에 7월 14일 춘광품종을 파종하여 육묘하였음
- 나. 생존율은 관행 플러그 트레이에서 86.4%로 가장 높았고, 생분해성 육묘포트 2종 모두 다소 낮게 나타났으며, 고사율과 이병율은 국산 종이포트가 각각 26.5%, 28.9%로 가장 높게 나타났음
- 다. 육묘포트별 배추 수량을 비교한 결과, 관행 플러그 트레이에서 구중이 504.2g으로 가장 무거웠으며, 다른 특성 간 차이는 나타나지 않았음. 수확 시 배추 뿌리를 조사한 결과, 생분해성 육묘포트 2종 모두 종이포트가 완전히 분해되지 못한 상태로 나타났으며, 특히 일본 종이 체인포트는 거의 분해되지 못하고, 뿌리가 종이를 뚫지 못하고 아래로만 성장한 것을 관찰할 수 있었음. 반면, 국산 종이포트는 분해가 거의 이루어져 뿌리 일부가 종이를 뚫고 나와 있었음

(시험 4) 생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 시작품 현장적용 후 문제점과 개선사항 도출

- 가. 생분해성 육묘포트 전용 정식기 현장실증 성능 테스트 결과, 63m² 정식 소요시간은 약 24분이 소요되었으며, 정식률은 40.5%로 59.5%의 결주가 발생하였고, 묘이탈률 6.3%, 취출불량률 53.2% 정도로 나타나 정식이 정상적으로 이루어지지 못하였음
- 나. 수동으로 묘를 한 개씩 트레이에 적재하는 방식으로 시간이 많이 소요되며, 육묘포트의 수분이 많이 젖어있을 때 에는 마찰력이 증가하여 경사면을 잘 내려오지 못하는 문제점이 발생함
- 다. 또한 육묘포트를 투입구에 자동으로 배출하는데 타이밍이 맞지 않아 중간에 걸리는 등의 문제가 발생하였고, 진압롤러가 얇아 비닐을 찢는 문제가 발생함
- 라. 이에 따라 한번에 다량의 묘를 적재할 수 있는 방식으로 개선이 필요하며, 정식 전 육묘포트의 수분함량을 낮추거나 경사면을 잘 내려올수록 개선이 필요함

(시험 5) 생분해성 육묘포트 재배환경에 따른 생산량 증가 효과 분석

- 가. 석력함량에 따른 생존율은 석력함량 10% 미만 처리구에서 높은 경향이 나타났고, 엘르포트의 경우 석력함량 35% 이상에서도 90.6%의 높은 생존율을 보여 활착률 향상에 도움을 주는 것으로 판단되었음
- 나. 석력함량별 육묘포트별 배추 수량특성을 비교한 결과, 10% 미만 석력함량 처리구에서는 엘르포트(1,019.9g) > 종이 체인포트(815.7g) > 지피포트(733.1g) > 관행(678.7g) 순으로 나타나 생분해성 포트의 수량증대 효과가 있는 것으로 나타났으며, 엽수, 근중, 근장 등이 관행보다 증가하는 것으로 나타났음
- 다. 반면에 석력함량 10~35%와 35% 이상 처리구에서는 생분해성 포트의 수량 증대효과가 나타나지 않았으며, 종이체인포트와 지피포트에서는 관행보다 수량이 감소하는 것으로 나타났음
- 라. 수확 시 배추 뿌리를 조사한 결과, 생분해성 육묘포트 중 종이 체인포트가 완전히 분해되지 못한 상태로 나타났으며, 엘르포트와 지피포트는 완전히 분해가 된 것으로 나타났음

(시험 6) 생분해성 육묘포트 재배환경에 따른 생산량 증가 효과 분석

- 가. 2025년 태백 농가 포장에서 개선된 반자동 정식기 시제품을 테스트한 결과, 1,000m² 정식에 약 1.3시간(2인 기준)이 소요되었으며 정식률은 95%로 전년 대비 크게 향상됨.
- 나. 경제성 분석 결과, 인력 정식 대비 노동시간은 약 75% 절감되었으며, 인건비 또한 인력 대비 약 75% 수준으로 줄어드는 효과를 확인함.
- 다. 다만, 1인 작업 시 운전과 묘 취출을 동시에 수행하기 어려워 반드시 2인 작업이 필요한 한계가 있었으며, 향후 1인 작업을 위한 자동 투입 장치 개발이 필요함.

(시험 7) 생분해성 육묘포트 현장실증

- 가. 생분해성 육묘포트(84구)와 관행 플러그 트레이(128구)를 비교한 결과, 활착률은 큰 차이가 없었으나 근권부 생체증은 생분해성 포트가 8.5% 더 무겁게 나타남.
- 나. 최종 수확 시 구중은 관행과 생분해성 포트 간 유의미한 차이가 없었으나, 생분해성 포트 사용 시 단위면적당 생산량 감소 및 포트 비용 발생(개당 약 70원)의 단점이 존재함.
- 다. 강원 고랭지 석력 함량이 높은 포장 환경과 기후 변화 요인을 고려할 때, 단년도 결과로 결론짓기 어려우며 추가적인 재배 연구와 경제성 확보 방안이 필요함.

5 인용문헌

- 최순규, 김상철, 조용현, 김영태, 김경원. 2024. 고랭지 배추 기계화를 위한 생분해성 종이포트 육묘 및 정식 성능 분석. 한국농업기계학회지.
- 농촌진흥청. 2022. 채소 기계정식용 생분해성 육묘포트 이용기술 매뉴얼. 농촌진흥청 국립 원예특작과학원.
- 국립농업과학원. 2024. 배추·고추 정식 작업 기계화를 위한 표준 육묘 트레이 규격 설정 및 보급 지침 연구. 농촌진흥청 연구보고서.
- 최순규, 김상철, 조용현, 김영태, 김경원. 2024. 고랭지 배추 기계화를 위한 생분해성 종이포트 육묘 및 정식 성능 분석. 한국농업기계학회지.
- Lee, S. H., Park, K. S., & Kim, J. H. 2024. Development of an Autonomous Navigation System for Vegetable Transplanters in Sloped Highland Fields. Agriculture. MDPI.
- 박지훈, 이재욱, 김용진, 홍세운. 2025. 기계 정식 과정에서 발생하는 배추 묘의 물리적 손상이 초기 활착 및 생육에 미치는 영향. 생물환경조절학회지.
- 김영태, 조용현, 최순규, 박광재, 김경원. 2025. 고랭지 경사지 적응형 자주식 배추 정식기의 동력부 설계 및 작업 효율 평가. 한국산학기술학회논문지.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2023(1년)	-	-
2024(2년)	교육지도	생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 현장교육
2025(3년)	교육지도	생분해성 육묘포트 전용 배추 정식기 현장교육
	학술발표	강원 여름배추의 생분해성 육묘포트 종류와 본포 토양 석력 함량이 생육에 미치는 영향

성과지표	연도	1년차 (2023)		2년차 (2024)		3년차 (2025)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제								
	국내					1	1	1	1
교육지도				1	1	1	1	2	2
정책활용						1		1	
계				1	1	3	2	4	3

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'23	'24	'25
과제책임자	(주)에이치에스엠	대표	강범선	과제 총괄	○	○	○
세부책임자	원예연구과	농업연구사	김경원	세부주관 수행	○	○	○
공동연구자	원예연구과	농업연구관	서현택	세부주관 수행	○	○	○
		농업연구사	배재혁	시험수행 보조	○	○	○
		농업연구사	변선배	시험수행 보조	○	○	○
		공업주사보	유정영	세부주관 수행	○	○	○
		농업연구관	김영진	시험평가 지원		○	○
		농업연구관	장은하	시험평가 지원	○	○	○
		농업연구관	박영식	시험평가 지원		○	○
		농업연구관	김세원	시험수행 보조	○	○	○
		농업연구사	박천규	시험수행 보조	○	○	○
		농업연구사	이정윤	시험수행 보조	○	○	○
		농업연구사	최훈영	시험수행 보조	○	○	○